

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 12 月 29 日 (29.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/114555 A1

(51) 国際特許分類: H04B 10/24, 10/20, H04J 14/02
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008952
(22) 国際出願日: 2004 年 6 月 18 日 (18.06.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2003-173898 2003 年 6 月 18 日 (18.06.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 Tokyo (JP).

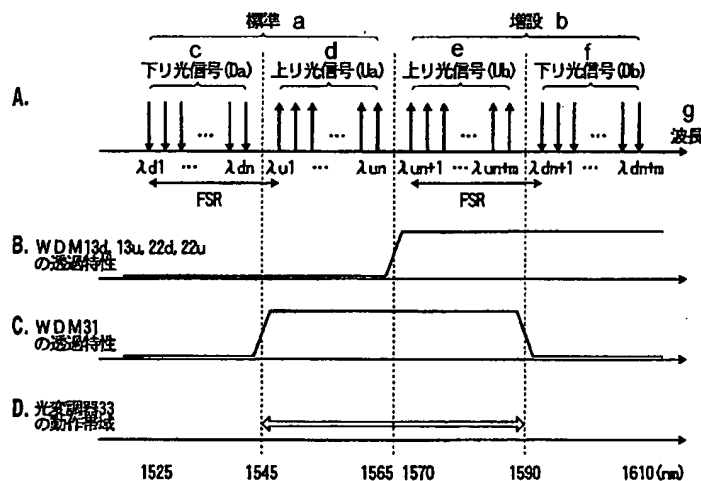
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 可児 淳一 (KANI, Jun-ichi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岩月 勝美 (IWATSUKI, Katsumi) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEX ACCESS SYSTEM AND OPTICAL NETWORK UNIT

(54) 発明の名称: 光波長多重アクセスシステムおよび光ネットワークユニット



a...STANDARD

b...PROLIFERATION

c...DOWNSTREAM OPTICAL SIGNAL (Da)

d...UPSTREAM OPTICAL SIGNAL (Ua)

e...UPSTREAM OPTICAL SIGNAL (Ub)

f...DOWNSTREAM OPTICAL SIGNAL (Db)

g...WAVELENGTH

B...TRANSPARENT CHARACTERISTIC OF WDM 13d, 13u, 22d, 22u

C...TRANSPARENT CHARACTERISTIC OF WDM 31

D...OPERATION BAND OF OPTICAL MODULATOR 33

wavelength band Ua to Ub or an upstream optical signal of a wide band including the wavelength band Ua to Ub.

(57) Abstract: There are provided an optical wavelength multiplex access system and a corresponding optical network unit. A downstream optical signal wavelength band Da (wavelength λ_{d1} to λ_{dn}) corresponding to n ONU' s, an upstream optical signal wavelength band Ua (wavelength λ_{u1} to λ_{un}) corresponding to n ONU' s, a downstream optical signal wavelength band Db (wavelength λ_{dn+1} to λ_{dn+m}) corresponding to m ONU' s, and an upstream optical signal wavelength band Ub (wavelength λ_{un+1} to λ_{un+m}) corresponding to m ONU' s are set at different bands from one another. Ua and Ub are adjacent to each other. At least one pair of Ua and Da or Ub and Db is set at the adjacent band. Each of the ONU' s includes downstream optical signal reception means for receiving a downstream optical signal of wavelength λ_{d1} to λ_{dn+m} assigned in the wavelength band Da to Db and upstream optical signal transmission means for transmitting an upstream optical signal of wavelength λ_{u1} to λ_{un+m} assigned in the

(57) 要約: 光波長多重アクセスシステム、およびそれに対応する光ネットワークユニットを提供する。 n 個の ONU に対応する下り光信号の波長帯 Da (波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$)、 n 個の ONU に対応する上り光信号の波長帯 Ua (波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$)、 m 個の ONU に対応する下り光信号の波長帯 Db (波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$)、 m 個の ONU に対応する上り光信号の波長帯 Ub (波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$) が互いに異なる帯域に設定され、かつ Ua と Ub が隣接し、Ua と Da または Ub と Db の少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、各 ONU は、波長

[続葉有]



(74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒1070052 東京都港区赤坂2丁目6-20 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

光波長多重アクセスシステムおよび光ネットワークユニット

5 技術分野

本発明は、センタ装置（OLT; Optical line terminal）と複数の光ネットワークユニット（ONU; Optical network unit）との間で光信号を双方向伝送するシステムにおいて、光ネットワークユニットの増設を容易にする光波長多重アクセス（Wavelength-division multiple access）システム、および

10 それに対応する光ネットワークユニットに関する。

背景技術

図1Aは、従来の光波長多重（WDM; Wavelength-division multiplex(ing)）アクセスシステムの構成例を示す（特開2000-1965
15 36号公報）。図1Aにおいて、センタ装置（OLT）50と波長多重分離（Wavelength multi/demultiplex(ing)）装置60との多重区間は、多重区間光ファイバ1, 2を介して接続される。波長多重分離装置60と複数の光ネットワークユニット（ONU）70-1~70-nとのアクセス区間は、それぞれアクセス区間光ファイバ3, 4を介して接続される。ここでは、OLTから
20 ONUへの下り信号用として1つの波長帯（Wavelength band）Dを割り当てる。ONUからOLTへの上り信号用として1つの波長帯U（≠D）を割り当てる。さらに波長帯Dの波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ および波長帯Uの波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ をそれぞれ各ONUに割り当てる例を示す。

OLT50の送信部（S）51は、波長帯D（波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）の下り光信号と波長帯U（波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）の上り用光キャリア（Optical carrier(s)）
25

とを波長多重し、多重区間光ファイバ1を介して波長多重分離装置60へ送信する。波長多重分離装置60は、波長帯Dの下り光信号と波長帯Uの上り用光キャリアとをそれぞれ各波長に分波する。そして波長多重分離装置60は、分波して得られた、波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ の下り光信号および波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアの各ペアを、アクセス区間光ファイバ3を介してそれぞれ対応するONU70-1~70-nへ送信する。

ONU70-1は、伝送されてきた波長 λ_{d1} の下り光信号と波長 λ_{u1} の上り用光キャリアとをWDMカプラ71で分波し、波長 λ_{d1} の下り光信号を光受信器(R)72で受信する。また、ONU70-1は、波長 λ_{u1} の上り用光キャリアを、光変調器(M)73で変調し上り光信号として、アクセス区間光ファイバ4を介して波長多重分離装置60へ送信する。他のONUについても同様である。各ONUから送信された波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り光信号は、波長多重分離装置60で波長多重される。そして、波長多重された上り光信号は、上りの多重区間光ファイバ2を介してOLT50へ伝送され、受信部(R)52に受信される。

ここで、図1Bに示すように、下り光信号の波長帯D(波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$)と、上り光信号(上り用光キャリア)の波長帯U(波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$)とは、波長軸上で重ならないように配置される。波長多重分離装置60として用いるアレイ導波路回折格子(AWG; Arrayed waveguide grating(s))61は、FSR(Free spectral range)間隔の下り信号波長(例えば λ_{d1})と上り信号波長(例えば λ_{u1})とを同じポートに分波する機能を有する。各ONUでは、波長帯Dと波長帯Uからそれぞれ1波ずつ分波された下り光信号と上り用光キャリアがペアで入力される。このため、図1Cに示すように波長帯Dと波長帯Uを分離する同一仕様のWDMカプラ71を用いることにより、下り光信号と上り用光キャリアを分離して互いに干渉を引き起こさないようにすることができる。

なお、波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアは、OLT 50の送信部51から送信する際には波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ を含む広帯域光 (Broadband light) とし、波長多重分離装置60のAWG 61で波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアにスペクトルスライスして各ONUに供給する方法も提案されている (特開2001-177505号公報)。

ところで、このような工夫は、ONU 70-1~70-nの構成要素の共通化 (少品種化) を目的としている。すなわち、まずOLT 50から各波長の上り用光キャリアが各ONUに供給される。これにより、各ONUは、それぞれ割り当てられる波長の光源を個々に備える必要がなく、同一仕様の波長帯Uの光変調器 (Optical modulator) 73を利用することができる。さらに、各ONUには、波長帯Dの下り信号と波長帯Uの上り信号とがそれぞれ1波ずつ入力される。各ONUは、下り光信号と上り用光キャリアとを分波するために、波長帯Dと波長帯Uとを分離する同一仕様のWDMカプラ71を利用することができる。

また、図2Aのように、AWG 61や多ポート波長フィルタを用いた波長多重分離装置60を介して、OLT 50と複数のONU 70-1~70-nとが対向する構成において、光送信器 (S) 75として波長可変光源を用いることで、各ONUに同一仕様の光送信器を配置できる。この場合、ONU 70-1から70-nは、図2Bにその波長特性を示すように、それぞれ異なる波長の上り光信号 λ_{u1} から λ_{un} を送信する。

さらに、同様に図2Aの構成において、以下に述べるような構成も提案されている (Akimoto, K. et al., "Spectrum-sliced, 25-GHz spaced, 155 Mbps x 32 channel WDM access", The 4th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, 2001 (CLEO/Pacific Rim 2001), Vol.2, pp.II-556-557)。

各ONUの光送信器 (S) 75は、図2Cにその波長特性を示すような、波長

帯Uで広いスペクトル幅を有する広帯域光を変調する光送信器である。この広帯域光を各ONUが変調して上り光信号として送信し、波長多重分離装置60がその上り光信号をスペクトルスライスして波長多重し、OLT50に伝送する。この構成は、実質的に各ONUからそれぞれ異なる波長の上り光信号を送信する構成と等価であるが、各ONUに同一仕様の光送信器を配置できることが特徴になっている。

なお、光スペクトル幅の広い変調 (modulation) 光を得るためには、スーパーミネッセントダイオードまたは半導体光増幅器 (SOA; Semiconductor optical amplifier(s)) を電気信号で直接変調 (Direct modulation) する方法が可能である。または、半導体光増幅器またはエルビウム添加光ファイバ増幅器 (EDFA; Erbium-doped fiber amplifier(s)) の出力光 (広帯域無変調光) を外部変調 (External modulation) 器で変調する方法が可能である。

ところで、従来の光波長多重アクセスシステムにおいてOLTに収容するONUを増設する場合には、標準のONUに割り当てた波長と、増設するONUに割り当てる波長とを異なる波長帯に設定する。一般的には図3に示すような構成が考えられている。これは、基本的には図1Aに示すOLT50の送信部51および受信部52、波長多重分離装置60のAWG61、ONU70-1~70-nを標準および増設用として並列に配置した構成である。

ここでは、標準のONU70-1~70-nに、下り信号用として波長帯Daの波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ および上り信号用として波長帯Uaの波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ がそれぞれ割り当てられている。また、増設のONU70-n+1~70-n+mに、下り信号用として波長帯Dbの波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ および上り信号用として波長帯Ubの波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ がそれぞれ割り当てられている。

OLT50は、波長帯Da ($\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$) の下り光信号と波長帯Ua ($\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$) の上り用光キャリアとを波長多重送信する標準の送信部 (Sa) 51a

を備える。OLT 50 はまた、波長帯Db ($\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$) の下り光信号と波長帯Ub ($\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$) の上り用光キャリアとを波長多重送信する増設の送信部 (Sb) 51b を備える。さらにOLT 50 は、波長帯Ua ($\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$) の上り光信号を受信する標準の受信部 (Ra) 52a と、波長帯Ub ($\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$) の上り光信号を受信する増設の受信部 (Rb) 52b とを備える。

標準の送信部 51a および増設の送信部 51b から送信される標準と増設の下り光信号および上り用光キャリアは、WDMカプラ 53d で波長多重され、多重区間光ファイバ 1 を介して波長多重分離装置 60 へ送信される。波長多重分離装置 60 は、WDMカプラ 62d で標準の波長帯Da, Ua と、増設の波長帯Db, Ub とを分波する。波長多重分離装置 60 は、これらの分波された波長帯を、それぞれのAWG 61a, 61b で各波長の下り光信号と上り用光キャリアにそれぞれ分波する。AWG 61a で分波された波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ の下り光信号および波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアの各ペアは、アクセス区間光ファイバ 3 を介してそれぞれ対応するONU 70-1 ~ 70-n へ伝送される。AWG 61b で分波された波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号および波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り用光キャリアの各ペアは、アクセス区間光ファイバ 3 を介してそれぞれ対応するONU 70-n+1 ~ 70-n+m へ伝送される。

標準のONU 70-1 ~ 70-n のWDMカプラ 71a は、波長帯Da と波長帯Ua を分波する共通の特性を有する。標準のONU 70-1 ~ 70-n の光変調器 73a は、波長帯Ua の光キャリアを変調する共通の特性を有する。一方、増設のONU 70-n+1 ~ 70-n+m のWDMカプラ 71b は、波長帯Db と波長帯Ub を分波する共通の特性を有する。増設のONU 70-n+1 ~ 70-n+m の光変調器 73b は、波長帯Ub の光キャリアを変調する共通の特性を有する。各ONU から送信された上り光信号は、アクセス区間光ファイバ 4 を介して波長多重分離装置 60 のAWG 61a, 61b に伝送され

る。そして、それぞれ波長多重された標準および増設の上り光信号が、さらに WDMカプラ 6 2 u で合波され、上りの多重区間光ファイバ 2 を介して O L T 5 0 へ伝送される。O L T 5 0 は、WDMカプラ 5 3 u で標準の波長帯 U a と増設の波長帯 U b とに分波し、標準の受信部 5 2 a および増設の受信部 5 2 b でそれぞれ、分波された波長帯を受信する。

図 3 に示す光波長多重アクセスシステムは、図 1 A に示す従来の光波長多重アクセスシステムを単純に拡張したものである。すなわち、図 4 の A に示すように、標準の下り信号用として波長帯 D a の波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ が割り当てられ、および上り信号用として波長帯 U a の波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ が割り当てられている。

10 また、増設の下り信号用として波長帯 D b の波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ が割り当てられ、および上り信号用として波長帯 U b の波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ が割り当てられている。かつ U a , D a , U b , D b が、それらの順に波長軸上に割り当てられている。

このような割り当てでは、図 4 の B に示すように、O L T 5 0 の WDMカプラ 5 3 d , 5 3 u および波長多重分離装置 6 0 の WDMカプラ 6 2 d , 6 2 u の透過特性は、標準の波長帯 U a , D a と増設の波長帯 U b , D b を合分波すればよい。したがって、それらはすべて同一仕様のものを用いることができる。

しかし、標準の O N U 7 0 - 1 ~ 7 0 - n の WDMカプラ 7 1 a は波長帯 U a と波長帯 D a とを分波し、増設の O N U 7 0 - n + 1 ~ 7 0 - n + m の WDMカプラ 7 1 b は波長帯 U b と波長帯 D b とを分波する。したがって、図 4 の C , D に示すように、それらはそれぞれ異なった透過特性のものがようになる。

また、同様に標準の光変調器 7 3 a と増設の光変調器 7 3 b の動作帯域についても、図 4 の E , F に示すように波長帯 U a と波長帯 U b で異なることになる。

すなわち、標準の O N U と増設の O N U では、WDMカプラ 7 1 a , 7 1 b および光変調器 7 3 a , 7 3 b としてそれぞれ異なる仕様のものがようになる。

なお、WDMカプラ71a, 71bとして、図4のGに示すような波長帯Da, Ubと波長帯Ua, Dbとを分波する透過特性のものを用いれば、それらは共通化することが可能である。しかし、WDMカプラに対する光受信器と光変調器の接続ポートを標準と増設で入れ替える必要が生じ、必ずしもONUが

5 共通化されたとはいえないところがある。また、光変調器73a, 73bは、動作帯域が波長帯Daを挟んで波長帯Uaから波長帯Ubまでである広帯域のものを用いれば共通化が可能である。しかし、現状では動作帯域は数10nm程度が限界であるので、単一品種で対応するためには波長数（ONU数）が制限されることになる。また、図2Bまたは図2Cに示すような、各ONUに波長可

10 変光源または広帯域光を変調する光送信器75を配置する構成でも、これらの発光帯域が制限要因となる。

本発明は、標準のONUと増設のONUとを共通の仕様とし、かつ光変調器の動作帯域あるいは光送信器の発光帯域を最小化することができる光波長多重アクセスシステム、およびそれに対応する光ネットワークユニットを提供する

15 ことを目的とする。

発明の開示

このような目的を達成するために、本発明の光波長多重アクセスシステムは、センタ装置（OLT）とn個の光ネットワークユニット（ONU）およびm個

20 のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多

25 重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝

送する光波長多重アクセスシステムであって、前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Da（波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ua（波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Db（波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ub（波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯Uaと波長帯Ubが隣接し、波長帯Uaと波長帯Daまたは波長帯Ubと波長帯Dbの少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、前記各ONUは、前記波長帯Da～Dbの中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、前記波長帯Ua～Ubの中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号または前記波長帯Ua～Ubを含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号送信手段とを備えたことを特徴とする。

また、上記目的を達成するために、本発明の光ネットワークユニットは、光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット（ONU）であって、前記光波長多重アクセスシステムは、センタ装置（OLT）と n 個のONUおよび m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Da（波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ua（波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Db（波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ub（波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）が互いに

異なる帯域に設定され、かつ波長帯Ua と波長帯Ub が隣接し、波長帯Ua と波長帯Da または波長帯Ub と波長帯Db の少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、前記各ONUは、前記波長帯Da ～Db の中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、前記波長帯Ua
5 ～Ub の中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号または前記波長帯Ua ～Ub を含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号送信手段とを備えたことを特徴とする。

また、上記目的を達成するために、本発明の光ネットワークユニットは、光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット（ON
10 U）であって、前記光波長多重アクセスシステムは、センタ装置（OLT）とn個のONUおよびm個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各
15 ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、前記n個のONUに対応する下り光信号の波長帯Da（波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、前記n個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ua（波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前記m個の
20 ONUに対応する下り光信号の波長帯Db（波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、前記m個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ub（波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯Ua と波長帯Ub が隣接し、波長帯Ua と波長帯Da または波長帯Ub と波長帯Db の少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、前記アクセス区間は、前記各ONUごとに2本のアクセス区間光フ
25 ァイバを介して接続された構成であり、前記OLTは、前記波長帯Ua ～Ub

(波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$)の上り用光キャリアおよび前記波長帯 $D_a \sim D_b$ (波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$)の下り光信号を波長多重して前記多重区間光ファイバに送出する構成であり、前記波長多重分離装置は、前記多重区間光ファイバを介して入力される上り用光キャリアおよび下り光信号から、各ONUに対応する波長の

5 上り用光キャリアおよび下り光信号を分波して各一方のアクセス区間光ファイバを介して各ONUに出力し、各他方のアクセス区間光ファイバから入力する各ONUに対応する波長の上り光信号を合波して前記多重区間光ファイバに出力する構成であり、前記各ONUは、上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯 $D_a \sim D_b$ で分波する特性を有し、前記一方のアクセス区間光

10 ファイバを介して入力される各ONUに対応する波長の上り用光キャリアと下り光信号を分波する波長帯分波器と、前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $D_a \sim D_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $U_a \sim U_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り用光キャリアを変調して、他方の

15 アクセス区間光ファイバに送出する光変調器からなる上り光信号送信手段とを備えたことを特徴とする。

また、上記目的を達成するために、本発明の光ネットワークユニットは、光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット (ONU) であって、前記光波長多重アクセスシステムは、センタ装置 (OLT) と

20 n 個のONUおよび m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長によ

25 り前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波

長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、前記 n 個の ONU に対応する下り光信号の波長帯 D_a (波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$)、前記 n 個の ONU に対応する上り光信号の波長帯 U_a (波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$)、前記 m 個の ONU に対応する下り光信号の波長帯 D_b (波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$)、前記 m 個の ONU に対応する上り光信号の波長帯 U_b (波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$) が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯 U_a と波長帯 U_b が隣接し、波長帯 U_a と波長帯 D_a または波長帯 U_b と波長帯 D_b の少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、前記アクセス区間は、前記各 ONU ごとに 1 本のアクセス区間光ファイバを介して接続された構成であり、前記各 ONU は、上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯で分波する特性を有し、前記アクセス区間光ファイバを介して入力される各 ONU に対応する波長の下り光信号を前記下り光信号受信手段に出力し、前記上り光信号送信手段から出力される各 ONU に対応する波長の上り光信号を前記アクセス区間光ファイバに出力する波長帯分波器と、前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $D_a \sim D_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、前記波長帯 $U_a \sim U_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号または前記波長帯 $U_a \sim U_b$ を含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号送信手段とを備えたことを特徴とする。

20 図面の簡単な説明

図 1 A～図 1 C は、従来の光波長多重アクセスシステムの構成例を示す図である。

図 2 A～図 2 C は、従来の光波長多重アクセスシステムの構成例を示す図である。

25 図 3 は、従来の光波長多重アクセスシステムの増設例を示す図である。

図 4 は、増設構成における WDM カプラおよび光変調器の特性を示す図である。

図 5 A 及び図 5 B は、本発明の光波長多重アクセスシステムの第 1 の実施形態を示す図である。

5 図 6 は、第 1 の実施形態における WDM カプラおよび光変調器の特性を示す図である。

図 7 は、第 2 の実施形態における WDM カプラおよび光変調器の特性を示す図である。

10 図 8 は、第 3 の実施形態における WDM カプラおよび光変調器の特性を示す図である。

図 9 は、第 1 の実施形態における波長合分波器 (Wavelength multi/demultiplexer) 2 1 a の他の構成例を示す図である。

図 1 0 は、第 1 の実施形態における波長合分波器 2 1 a の他の構成例を示す図である。

15 図 1 1 A 及び図 1 1 B は、本発明の光波長多重アクセスシステムの第 4 の実施形態を示す図である。

図 1 2 A 及び図 1 2 B は、本発明の光波長多重アクセスシステムの第 5 の実施形態を示す図である。

20 図 1 3 A ～図 1 3 D は、本発明による標準と増設の波長帯割り当ての特徴を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

(第 1 の実施形態)

25 図 5 A、図 5 B は、本発明の光波長多重アクセスシステムの第 1 の実施形態を示す。図 5 A において、センタ装置 (OLT) 1 0 と波長多重分離装置 2 0

との多重区間は、多重区間光ファイバ1, 2を介して接続される。波長多重分離装置20と複数の光ネットワークユニット(ONU) 30-1~30-n、30-n+1~30-n+mのアクセス区間は、それぞれアクセス区間光ファイバ3, 4を介して接続される。ここでは、ONU 30-1~30-nを標準とし、ONU 30-n+1~30-n+mを増設とする場合を想定する。

本発明は、標準のONU 30-1~30-nに、下り信号用として波長帯Daの波長 λ_{d1} ~ λ_{dn} を割当て、および上り信号用として波長帯Uaの波長 λ_{u1} ~ λ_{un} を割り当てる。また、増設のONU 30-n+1~30-n+mに、下り信号用として波長帯Dbの波長 λ_{dn+1} ~ λ_{dn+m} を割当て、および上り信号用として波長帯Ubの波長 λ_{un+1} ~ λ_{un+m} を割り当てる。さらに、本発明は、波長帯Uaと波長帯Ubとを隣接する帯域に設定することを特徴とする。本実施形態では、Da, Ua, Ub, Dbが、それらの順に波長軸上に割り当てられる例を示すが、その並びは逆でもよい。

OLT 10は、波長帯Da (λ_{d1} ~ λ_{dn})の下り光信号と波長帯Ua (λ_{u1} ~ λ_{un})の上り用光キャリアとを波長多重送信する標準の送信部(Sa) 11aを備える。また、OLT 10は、波長帯Db (λ_{dn+1} ~ λ_{dn+m})の下り光信号と波長帯Ub (λ_{un+1} ~ λ_{un+m})の上り用光キャリアとを波長多重送信する増設の送信部(Sb) 11bを備える。さらに、OLT 10は、波長帯Ua (λ_{u1} ~ λ_{un})の上り光信号を受信する標準の受信部(Ra) 12aと、波長帯Ub (λ_{un+1} ~ λ_{un+m})の上り光信号を受信する増設の受信部(Rb) 12bとを備える。

標準の送信部11aおよび増設の送信部11bから送信される、標準と増設の、下り光信号および上り用光キャリアは、WDMカプラ13dで波長多重され、多重区間光ファイバ1を介して波長多重分離装置20へ送信される。波長多重分離装置20は、WDMカプラ22dで標準の波長帯Da, Uaと、増設

の波長帯Db, Ub および Ua を分波する。そして、波長多重分離装置 20 は、それぞれの波長合分波器 21a, 21b で各波長の下り光信号と上り用光キャリアとをそれぞれ分波する。波長合分波器 21a で分波された波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ の下り光信号および波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアの各ペアは、アクセス区
5 間光ファイバ 3 を介してそれぞれ対応する ONU 30-1 ~ 30-n へ伝送される。また、波長合分波器 21b で分波された波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号および波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り用光キャリアの各ペアは、アクセス区間光ファイバ 3 を介してそれぞれ対応する ONU 30-n+1 ~ 30-n+m へ伝送される。

10 ONU 30-1 ~ 30-n+m の WDM カプラ 31 は、下り信号の波長帯 Da, Db と上り信号の波長帯 Ua, Ub を分波する共通の透過特性（あるいは反射特性）を有する。光変調器 33 は、隣接する波長帯 Ua ~ Ub の光キャリアを変調する共通の特性を有する。各 ONU は、WDM カプラ 31 で分波された波長帯 Da, Db の中の割り当てられた波長の下り光信号を光受信器 (R)
15 32 で受信する。また、各 ONU は、波長帯 Ua, Ub の中の割り当てられた波長の上り用光キャリアを光変調器 (M) 33 で変調して上り光信号として送信する。各 ONU から送信された上り光信号は、アクセス区間光ファイバ 4 を介して波長多重分離装置 20 の波長合分波器 21a, 21b に伝送される。そして、波長合分波器 21a, 21b によってそれぞれ波長多重された標準および増設の上り光信号が、さらに WDM カプラ 22u で合波され、上りの多重区
20 間光ファイバ 2 を介して OLT 10 へ伝送される。OLT 10 では、上り光信号を WDM カプラ 13u で標準の波長帯 Ua と、増設の波長帯 Ub とに分波し、標準の受信部 12a および増設の受信部 12b でそれぞれ受信する。

図 6 は、第 1 の実施形態における WDM カプラおよび光変調器の特性を示す。

25 図 6 の A に示すように、本実施形態では、Da, Ua, Ub, Db はそれらの

順に波長軸上に割り当てられる。このことにより、OLT 10のWDMカプラ
13d, 13uおよび波長多重分離装置20のWDMカプラ22d, 22uの
透過特性は、図6のBに示すように、標準の波長帯Ua, Daと増設の波長帯
Ub, Dbとを合分波すればよい。このため、WDMカプラ13d, 13uお
5 よびWDMカプラ22d, 22uは、すべて同一仕様のものを用いることがで
きる。ここでは、WDMカプラ13d, 13uの反射ポートに標準の送信部1
1aおよび受信部12aが接続される。また、それらの透過ポートに増設の送
信部11bおよび受信部12bが接続される。また、WDMカプラ22d, 2
2uの反射ポートに標準の波長合分波器21aが接続される。また、それらの
10 透過ポートに増設の波長合分波器21bが接続される。

さらに、標準のONU30-1~30-nおよび増設のONU30-n+1
~30-n+mのWDMカプラ31の透過特性は、図6のCに示すように、下
り光信号の波長帯Da, Dbと上り用光キャリアの波長帯Ua, Ubとを分波
すればよい。すなわち、上り用光キャリア（上り光信号）の波長帯Ua, Ub
15 が、隣接する帯域に設定される。このことにより、WDMカプラ31は、その
透過ポートに波長帯Ua, Ubの上り用光キャリアを分波し、その反射ポート
に波長帯Da, Dbの下り光信号を分波する透過特性のもので対応できる。こ
のため、標準および増設の各ONUのWDMカプラ31は、共通化することが
できる。また、同様に標準および増設の各ONUの光変調器33についても、
20 上り用光キャリアの波長帯Ua, Ubを隣接する帯域に設定した。このこと
により、光変調器33は、図6のDに示すような連続する動作帯域を有する同一
仕様のもので対応することができる。

例えば、波長帯Da, Ua, Ub, Dbが、各々、1525~1545nm、1545~
1565nm、1570~1590nm、1590~1610nmに設定された場合には、標準およ
25 び増設の各ONUの光変調器33としては、動作帯域が1545~1590nmの45

nm程度のものを用いればよい。したがって、WDMカプラ31を含めてONUの単一品種化が容易に図られる。

また、標準の下り光信号および上り光信号（上り用光キャリア）の波長帯は1525～1565nmとなり、増設の下り光信号および上り光信号（上り用光キャリア）の波長帯は1570～1610nmとなる。したがって、例えば、波長多重分離装置20内でエルビウム添加光ファイバ増幅器あるいは利得シフト型エルビウム添加光ファイバ増幅器（Gain-shifted EDFA(s)）を用いて、それぞれの波長帯を一括増幅することができる。

（第2の実施形態）

10 図7は、第2の実施形態におけるWDMカプラおよび光変調器の特性を示す。本発明の光波長多重アクセスシステムの第2の実施形態の構成は、図5Aに示す第1の実施形態と同様である。本実施形態では、 U_a 、 U_b 、 D_b 、 D_a が、それらの順に波長軸上に割り当てられる例を示すが、その並びは逆でもよい。

OLT10のWDMカプラ13d、13uおよび波長多重分離装置20のWDMカプラ22d、22uの透過特性は、図7のBに示すように、標準の波長帯 U_a 、 D_a と増設の波長帯 U_b 、 D_b とを合分波すればよい。このため、WDMカプラ13d、13uおよびWDMカプラ22d、22uは、すべて同一仕様のものであることができる。ここでは、WDMカプラ13d、13uの反射ポートに標準の送信部11aおよび受信部12aが接続される。また、それらの透過ポートに増設の送信部11bおよび受信部12bが接続される。また、WDMカプラ22d、22uの反射ポートに標準の波長合分波器21aが接続される。また、それらの透過ポートに増設の波長合分波器21bが接続される。

さらに、標準のONU30-1～30-nおよび増設のONU30-n+1～30-n+mのWDMカプラ31の透過特性は、図7のCに示すように、下

り光信号の波長帯Da, Db と上り用光キャリアの波長帯Ua, Ub とを分波すればよい。すなわち、上り用光キャリア（上り光信号）の波長帯Ua, Ub が、隣接する帯域に設定される。このことにより、WDMカプラ31は、その透過ポートに波長帯Ua, Ub の上り用光キャリアを分波し、その反射ポートに波長帯Da, Db の下り光信号を分波する透過特性のもので対応できる。このため、標準および増設の各ONUのWDMカプラ31は、共通化することができる。また、同様に標準および増設の各ONUの光変調器33についても、上り用光キャリアの波長帯Ua, Ub を隣接する帯域に設定した。このことにより、光変調器33は、図7Dに示すような連続する動作帯域を有する同一仕様のもので対応することができる。

例えば、波長帯Ua, Ub, Db, Da が、各々、1525～1545nm、1545～1565nm、1570～1590nm、1590～1610nmに設定された場合には、標準および増設の各ONUの光変調器33としては、動作帯域が1525～1565nmの40nm程度のものを用いればよい。したがって、WDMカプラ31を含めてONUの単一品種化が容易に図られる。

（第3の実施形態）

図8は、第3の実施形態におけるWDMカプラおよび光変調器の特性を示す。本発明の光波長多重アクセスシステムの第3の実施形態の構成は、図5Aに示す第1の実施形態と同様である。本実施形態では、Ub, Ua, Da, Db が、それらの順に波長軸上に割り当てられる例を示すが、その並びは逆でもよい。

OLT10のWDMカプラ13d, 13uおよび波長多重分離装置20のWDMカプラ22d, 22uの透過特性は、図8のBに示すように、標準の波長帯Ua, Da と増設の波長帯Ub, Db とを合分波すればよい。このため、WDMカプラ13d, 13uおよびWDMカプラ22d, 22uは、すべて同一仕様のものであることができる。ここでは、WDMカプラ13d, 13u

の反射ポートに標準の送信部 1 1 a および受信部 1 2 a が接続される。また、それらの透過ポートに増設の送信部 1 1 b および受信部 1 2 b が接続される。また、WDMカプラ 2 2 d, 2 2 u の反射ポートに標準の波長合分波器 2 1 a が接続される。また、それらの透過ポートに増設の波長合分波器 2 1 b が接続
5 される。

さらに、標準のONU 3 0 - 1 ~ 3 0 - n および増設のONU 3 0 - n + 1 ~ 3 0 - n + m のWDMカプラ 3 1 の透過特性は、図 8 の C に示すように、下り光信号の波長帯 Da , Db と上り用光キャリアの波長帯 Ua , Ub とを分波すればよい。すなわち、上り用光キャリア（上り光信号）の波長帯 Ua , Ub
10 が、隣接する帯域に設定される。このことにより、WDMカプラ 3 1 は、その透過ポートに波長帯 Ua , Ub の上り用光キャリアを分波し、その反射ポートに波長帯 Da , Db の下り光信号を分波する透過特性のもので対応できるの。このため、標準および増設の各ONUのWDMカプラ 3 1 は、共通化することができる。また、同様に標準および増設の各ONUの光変調器 3 3 についても、
15 上り用光キャリアの波長帯 Ua , Ub を隣接する帯域に設定した。このことにより、光変調器 3 3 は、図 8 の D に示すような連続する動作帯域を有する同一仕様のもので対応することができる。

例えば、波長帯 Ub , Ua , Da , D が、各々、1525 ~ 1545 nm、1545 ~ 1565 nm、1570 ~ 1590 nm、1590 ~ 1610 nm に設定された場合には、標準および増設の各ONUの光変調器 3 3 としては、動作帯域が 1525 ~ 1565 nm の 40 nm 程度のものを用いればよい。したがって、WDMカプラ 3 1 を含めてONUの単一品種化が容易に図られる。

（波長合分波器 2 1 a , 2 1 b の構成例）

図 5 A、図 5 B に示す波長多重分離装置 2 0 の波長合分波器 2 1 a は、波長
25 $\lambda d1 \sim \lambda dn$ の下り光信号と波長 $\lambda u1 \sim \lambda un$ の上り用光キャリアをそれぞれ

アで同一ポートに分波するAWGを想定している。したがって、各ペアの波長間隔は、図6Aに示すようにFSR（あるいはその整数倍）に設定される。ただし、波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り光信号の合波については、必ずしもAWGとしての機能は必要ない。、その構成は、図9に示すように下り光信号と上り用光キャリアの分波にAWG23を用い、上り光信号の合波に合波器24を用いる構成としてもよい。

また、図10に示すように、図9のAWG23に代えて、波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ の下り光信号を分波する分波器25-1と、波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ の上り用光キャリアを分波する分波器25-2とを用い、WDMカプラ26で波長帯Daの下り光信号と波長帯Uaの上り用光キャリアとを分波して各分波器25-1, 25-2に入力し、ペアとなる下り光信号と上り用光キャリアをWDMカプラ26-1~26-nでそれぞれ合波する構成としてもよい。この構成では、各ONUに対応してペアとなる下り光信号と上り用光キャリアとの波長間隔は、AWGのFSRである必要はなく、任意に設定することができる。

波長合分波器21bの構成は、以上示した波長合分波器21aの構成と同様である。なお、波長合分波器としてAWGを用いる構成において、第2の実施形態では図7Aに示すように、標準の各ONUに対応する下り光信号と上り用光キャリアとの波長間隔が大きく異なる。また、波長合分波器としてAWGを用いる構成において、第3の実施形態では図8Aに示すように、増設の各ONUに対応する下り光信号と上り用光キャリアとの波長間隔が大きく異なる。このため、波長合分波器21a, 21bは、第2の実施形態および第3の実施形態の各々に応じたAWGで構成する必要がある。

（第4の実施形態、第5の実施形態）

第1の実施形態は、OLT10から各ONUに供給する上り用光キャリアを波長多重して送信し、波長多重分離装置20で各波長の上り用光キャリアを分

波してそれぞれ対応するONUに供給し、各ONUで上り用光キャリアを変調して上り光信号として送信する構成であった。以下に示す第4の実施形態および第5の実施形態は、各ONUに上り光信号を送信する光送信器を有する構成であるが、第1の実施形態～第3の実施形態に示したような波長割り当てを行う。このことにより、第4の実施形態および第5の実施形態は、その光送信器の動作帯域を共通化し、ひいては標準および増設のONUの共通化を可能にする。

図11A、図11Bは、本発明の光波長多重アクセスシステムの第4の実施形態を示す。本実施形態のOLT10は、波長帯Da ($\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$) の下り光信号を波長多重送信する標準の送信部 (Sa) 14aと、波長帯Db ($\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$) の下り光信号を波長多重送信する増設の送信部 (Sb) 14bとを備える。また、OLT10は、波長帯Ua ($\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$) の上り光信号を受信する標準の受信部 (Ra) 12aと、波長帯Ub ($\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$) の上り光信号を受信する増設の受信部 (Rb) 12bとを備える。

標準の送信部14aおよび増設の送信部14bから送信される標準と増設の下り光信号は、WDMカプラ13dで波長多重され、多重区間光ファイバ1を介して波長多重分離装置20へ送信される。波長多重分離装置20は、WDMカプラ22dで標準の波長帯Daと増設の波長帯Dbとを分波し、それぞれの波長合分波器21a、21bで各波長の下り光信号をそれぞれ分波する。波長合分波器21aで分波された波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ の下り光信号は、アクセス区間光ファイバ3を介してそれぞれ対応するONU30-1～30-nへ伝送される。また、波長合分波器21bで分波された波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号は、アクセス区間光ファイバ3を介してそれぞれ対応するONU30-n+1～30-n+mへ伝送される。

ONU30-1～30-n+mは、波長合分波器21a、21bで分波され

た波長帯Da , Db の中の割り当てられた波長の下り光信号を光受信器 (R) 32で受信する。また、ONU 30-1~30-n+mは、光送信器 (S) 35から波長帯Ua , Ub の中の割り当てられた波長の上り光信号を送信する。各ONUから送信された上り光信号は、アクセス区間光ファイバ4を介して波
5 長多重分離装置20の波長合分波器21a, 21bに伝送される。そして、波長合分波器21a, 21bのそれぞれで波長多重された標準および増設の上り光信号が、さらにWDMカプラ22uで合波され、上りの多重区間光ファイバ2を介してOLT10へ伝送される。OLT10では、上り光信号をWDMカプラ13uで標準の波長帯Ua と増設の波長帯Ub とに分波し、標準の受信部
10 12aおよび増設の受信部12bでそれぞれ受信する。

本実施形態では、OLT10のWDMカプラ13dおよび波長多重分離装置20のWDMカプラ22dは、標準の波長帯Da と増設の波長帯Db とを合分波する。また、OLT10のWDMカプラ13uおよび波長多重分離装置20のWDMカプラ22uは、標準の波長帯Ua と増設の波長帯Ub とを合分波す
15 る。このため、WDMカプラ13d, 13uおよびWDMカプラ22d, 22uは、いずれも図6のB、図7のB、図8のBに示す透過特性のもので対応することができる。波長多重分離装置20の波長合分波器21aは、標準の波長帯Da の下り光信号を分波し、標準の波長帯Ua の上り光信号を合波する機能を1つの素子 (AWG)で行っている。しかし、分波および合波は、それぞ
20 れ分波器および合波器で個別に対応するようにしてもよい。このことは、波長合分波器21bについても同様である。

さらに、本実施形態の各ONUの光送信器35は、標準の波長帯Ua および増設の波長帯Ub を隣接する帯域に設定した。このことにより、光送信器35は、図6D、図7D、図8Dに示す連続する動作帯域を有する同一仕様のもの
25 で対応することができる。例えば、波長帯Da , Ua , Ub , Db を、各々

1525～1545 nm、1545～1565 nm、1570～1590 nm、1590～1610 nmに設定した場合には、光送信器 3 5 として動作帯域が 1545～1590 nmの波長可変光源を用いることにより、各ONUはそれぞれ設定された波長の上り光信号を送信することができる。また、光送信器 3 5 が、波長帯 $U_a \sim U_b$ を含む広帯域光を
5 変調して送信し、送信した光を波長合分波器 2 1 a, 2 1 bでスペクトルスライスする構成としてもよい。

図 1 2 A、図 1 2 Bは、本発明の光波長多重アクセスシステムの第 5 の実施形態を示す。本実施形態の特徴は、第 4 の実施形態の構成において、OLT 1 0と波長多重分離装置 2 0との多重区間を1本の多重区間光ファイバ1を介して接続し、波長多重分離装置 2 0と各ONUとのアクセス区間をそれぞれ1本のアクセス区間光ファイバ3を介して接続するところにある。
10

本実施形態では、OLT 1 0のWDMカプラ 1 3および波長多重分離装置 2 0のWDMカプラ 2 2とは、標準の波長帯 D_a, U_a と増設の波長帯 D_b, U_b とを合分波する。これらは、いずれも図 6 の B、図 7 の B、図 8 の C に示す透過特性のもので対応することができる。また、各ONUは、下り光信号の波長帯 D_a, D_b と上り光信号の波長帯 U_a, U_b とを分波するWDMカプラ 3 1を備える。その透過特性は図 6 の C、図 7 の C、図 8 の C に示すもので対応することができる。また、OLT 1 0も同様に、WDMカプラ 1 3で合分波される標準の下り光信号の波長帯 D_a と上り光信号の波長帯 U_a とを分
15 波するWDMカプラ 1 5 aを備える。さらに、OLT 1 0は、増設の下り光信号の波長帯 D_b と上り光信号の波長帯 U_b とを分波するWDMカプラ 1 5 bを備える。それらWDMカプラの透過特性は図 6 の C、図 7 の C、図 8 の C に示すもので対応することができる。なお、OLT 1 0において、WDMカプラ 1 3と、WDMカプラ 1 5 a, 1 5 bとの機能を入れ替えることも可能である。
20

25 (他の実施形態)

以上説明した実施形態では、標準の n 個のONUに対して m 個のONUを増設する場合を想定して説明した。しかしながら、上述した実施形態は、当初の $n+m$ 個のONUを n 個のONUと m 個のONUに分割し、一方を標準用とし他方を増設用として確保する場合においても同様である。すなわち、図10A
5 に示す上り光信号の波長帯Uと下り光信号の波長帯Dとをそれぞれ2分割する場合に、標準と増設の波長帯の並び方に本発明の特徴がある。

図13A～図13Dは、本発明による標準と増設の波長割り当ての特徴を示す。図13A～図13Dにおいて、「a」を標準、「b」を増設とする。この場合、図13Aに示す方法は、波長帯Uと波長帯Dを単純に波長軸上で分割してUa, Ub, Da, Dbの順（あるいはその逆順）に並べる方法である。これに対
10 して、図13B, 図13C, 図13Dに示す方法は、UaとUbが隣接し、かつUaとDaまたはUbとDbの少なくとも一方が隣接する（図中下線で示す）ように設定する方法である。この方法により、上述した実施形態に示したようなONUの同一仕様化が可能になる。なお、図13Aは図4（従来例）に
15 対応し、図13B, 図13C, 図13Dは、それぞれ図6（第1の実施形態）、図7（第2の実施形態）、図8（第3の実施形態）に対応する。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明によれば、標準のONUに割り当てる上り光信号の波長帯Uaと、増設のONUに割り当てる上り光信号の波長帯Ubとを隣
20 接する帯域に設定することにより、標準および増設のONUで上り光信号を送信する上り光信号送信手段（光変調器、波長可変光源を用いた光送信器、広帯域光源（Broadband light source）を用いた光送信器）の動作帯域あるいは発光帯域を最小化し、同一の仕様のもので対応することができる。

また、OLTから上り用光キャリアを各ONUに供給する構成では、各ON
25 Uで上り用光キャリアと下り光信号とを分波する波長帯分波器を同一の仕様の

もので対応することができる。これにより、OLTに収容するONUを容易に増設することができる。

請 求 の 範 囲

1. センタ装置（OLT）と n 個の光ネットワークユニット（ONU）および
 m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装
5 置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各
ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、
前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLT
への上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波
長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方
10 向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、

前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_a （波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、
前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_a （波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前
記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_b （波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、
前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_b （波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）
15 が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯 U_a と波長帯 U_b が隣接し、波長
帯 U_a と波長帯 D_a または波長帯 U_b と波長帯 D_b の少なくとも一方が隣接す
る帯域に設定され、

前記各ONUは、

前記波長帯 $D_a \sim D_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号
20 を受信する下り光信号受信手段と、

前記波長帯 $U_a \sim U_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号
または前記波長帯 $U_a \sim U_b$ を含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号
送信手段とを備えた

ことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

25 2. 請求項1に記載の光波長多重アクセスシステムにおいて、

前記下り光信号の波長帯Da, Db および前記上り光信号の波長帯Ua, Ub は、波長軸上で、

波長帯Da、波長帯Ua、波長帯Ub、波長帯Db
の順、または

- 5 波長帯Db、波長帯Ub、波長帯Ua、波長帯Da
の順に設定されたことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

3. 請求項1に記載の光波長多重アクセスシステムにおいて、

前記下り光信号の波長帯Da, Db および前記上り光信号の波長帯Ua, Ub は、波長軸上で、

- 10 波長帯Ua、波長帯Ub、波長帯Db、波長帯Da
の順、または

波長帯Da、波長帯Db、波長帯Ub、波長帯Ua
の順に設定されたことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

4. 請求項1に記載の光波長多重アクセスシステムにおいて、

- 15 前記下り光信号の波長帯Da, Db および前記上り光信号の波長帯Ua, Ub は、波長軸上で、

波長帯Ub、波長帯Ua、波長帯Da、波長帯Db
の順、または

- 波長帯Db、波長帯Da、波長帯Ua、波長帯Ub
20 の順に設定されたことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

5. 請求項1に記載の光波長多重アクセスシステムにおいて、

前記アクセス区間は、前記各ONUごとに2本のアクセス区間光ファイバを介して接続された構成であり、

- 前記OLTは、前記波長帯Ua ~ Ub (波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$) の上り用光キャリアおよび前記波長帯Da ~ Db (波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$) の下り光信号を波長多
25

重して前記多重区間光ファイバに送出する構成であり、

前記波長多重分離装置は、前記多重区間光ファイバを介して入力される上り用光キャリアおよび下り光信号から、各ONUに対応する波長の上り用光キャリアおよび下り光信号を分波して各一方のアクセス区間光ファイバを介して各
5 ONUに出力し、各他方のアクセス区間光ファイバから入力する各ONUに対応する波長の上り光信号を合波して前記多重区間光ファイバに出力する構成であり、

前記ONUは、上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯で分波する特性を有し、前記一方のアクセス区間光ファイバを介して入力される各O
10 NUに対応する波長の上り用光キャリアと下り光信号を分波する波長帯分波器と、前記上り光信号送信手段として、前記波長帯分波器で分波された各ONUに対応する波長の上り用光キャリアを変調して他方のアクセス区間光ファイバに送出する光変調器とを備えた

ことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

15 6. 請求項1に記載の光波長多重アクセスシステムにおいて、

前記アクセス区間は、前記各ONUごとに1本のアクセス区間光ファイバを介して接続された構成であり、

前記ONUは、上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯で分波する特性を有し、前記アクセス区間光ファイバを介して入力される各ONUに
20 対応する波長の下り光信号を前記下り光信号受信手段に出力し、前記上り光信号送信手段から出力される各ONUに対応する波長の上り光信号を前記アクセス区間光ファイバに出力する波長帯分波器を備えた

ことを特徴とする光波長多重アクセスシステム。

7. 光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット
25 (ONU)であって、

前記光波長多重アクセスシステムは、

センタ装置（OLT）と n 個のONUおよび m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、

- 10 前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Da（波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ua（波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯Db（波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯Ub（波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯Uaと波長帯Ubが隣接し、波長帯Uaと波長帯Daまたは波長帯Ubと波長帯Dbの少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、

前記各ONUは、

前記波長帯Da～Dbの中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、

- 20 前記波長帯Ua～Ubの中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号または前記波長帯Ua～Ubを含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号送信手段とを備えた

ことを特徴とする光ネットワークユニット。

8. 光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット

- 25 (ONU)であって、

前記光波長多重アクセスシステムは、

センタ装置（OLT）と n 個のONUおよび m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへの下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、

- 10 前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_a （波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$ ）、前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_a （波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$ ）、前記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_b （波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）、前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_b （波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$ ）が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯 U_a と波長帯 U_b が隣接し、波長帯 U_a と波長帯 D_a または波長帯 U_b と波長帯 D_b の少なくとも一方が隣接する帯域に設定され、

前記アクセス区間は、前記各ONUごとに2本のアクセス区間光ファイバを介して接続された構成であり、

- 20 前記OLTは、前記波長帯 $U_a \sim U_b$ （波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ ）の上り用光キャリアおよび前記波長帯 $D_a \sim D_b$ （波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ ）の下り光信号を波長多重して前記多重区間光ファイバに送出する構成であり、

- 前記波長多重分離装置は、前記多重区間光ファイバを介して入力される上り用光キャリアおよび下り光信号から、各ONUに対応する波長の上り用光キャリアおよび下り光信号を分波して各一方のアクセス区間光ファイバを介して各ONUに出力し、各他方のアクセス区間光ファイバから入力する各ONUに対
- 25

応する波長の上り光信号を合波して前記多重区間光ファイバに出力する構成であり、

前記各ONUは、

上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯 $D_a \sim D_b$ で分波する

- 5 特性を有し、前記一方のアクセス区間光ファイバを介して入力される各ONUに対応する波長の上り用光キャリアと下り光信号を分波する波長帯分波器と、

前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $D_a \sim D_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、

- 10 前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $U_a \sim U_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un+m}$ の上り用光キャリアを変調して、他方のアクセス区間光ファイバに送出する光変調器からなる上り光信号送信手段とを備えた

ことを特徴とする光ネットワークユニット。

9. 光波長多重アクセスシステムにおいて使用される光ネットワークユニット (ONU) であって、

- 15 前記光波長多重アクセスシステムは、

センタ装置 (OLT) と n 個のONUおよび m 個のONUが波長多重分離装置を介して配置され、OLTと波長多重分離装置の多重区間が多重区間光ファイバを介して接続され、波長多重分離装置と各ONUのアクセス区間がそれぞれアクセス区間光ファイバを介して接続され、前記OLTから前記各ONUへ
20 の下り光信号および前記各ONUから前記OLTへの上り光信号を、各ONUごとに割り当てた波長により前記多重区間を波長多重伝送し、前記波長多重分離装置で波長多重または波長多重分離して双方向伝送する光波長多重アクセスシステムであって、

前記 n 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_a (波長 $\lambda_{d1} \sim \lambda_{dn}$)、

- 25 前記 n 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_a (波長 $\lambda_{u1} \sim \lambda_{un}$)、前

- 記 m 個のONUに対応する下り光信号の波長帯 D_b (波長 $\lambda_{dn+1} \sim \lambda_{dn+m}$)、
前記 m 個のONUに対応する上り光信号の波長帯 U_b (波長 $\lambda_{un+1} \sim \lambda_{un+m}$)
が互いに異なる帯域に設定され、かつ波長帯 U_a と波長帯 U_b が隣接し、波長
帯 U_a と波長帯 D_a または波長帯 U_b と波長帯 D_b の少なくとも一方が隣接す
5 る帯域に設定され、
前記アクセス区間は、前記各ONUごとに1本のアクセス区間光ファイバを
介して接続された構成であり、
前記各ONUは、
上り光信号の波長帯 $U_a \sim U_b$ と下り光信号の波長帯で分波する特性を有し、
10 前記アクセス区間光ファイバを介して入力される各ONUに対応する波長の下
り光信号を前記下り光信号受信手段に出力し、前記上り光信号送信手段から出
力される各ONUに対応する波長の上り光信号を前記アクセス区間光ファイバ
に出力する波長帯分波器と、
前記波長帯分波器で分波された前記波長帯 $D_a \sim D_b$ の中で割り当てられた
15 波長 $\lambda_{dl} \sim \lambda_{dn+m}$ の下り光信号を受信する下り光信号受信手段と、
前記波長帯 $U_a \sim U_b$ の中で割り当てられた波長 $\lambda_{ul} \sim \lambda_{un+m}$ の上り光信号
または前記波長帯 $U_a \sim U_b$ を含む広帯域の上り光信号を送信する上り光信号
送信手段とを備えた
ことを特徴とする光ネットワークユニット。

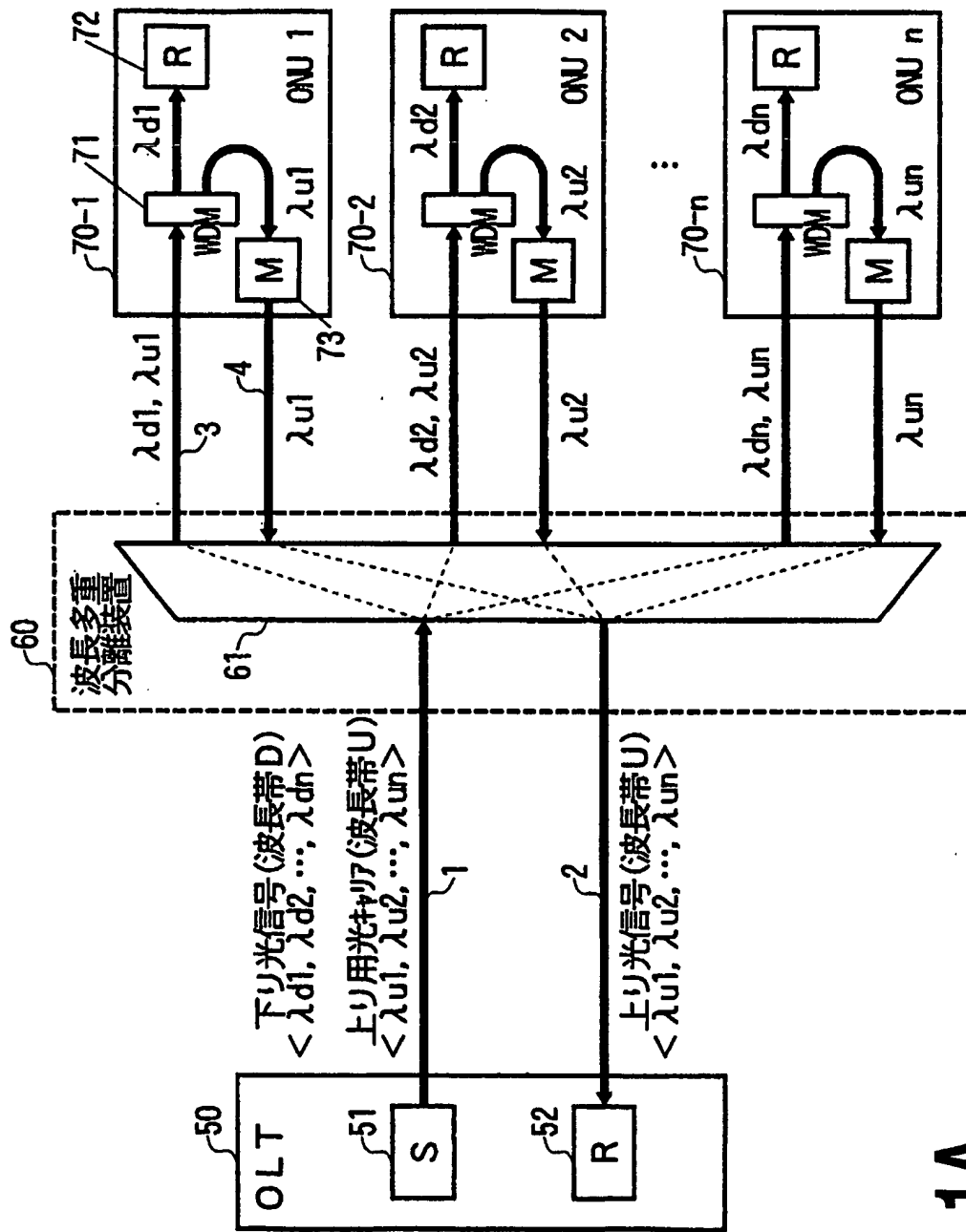


FIG.1A

2/18

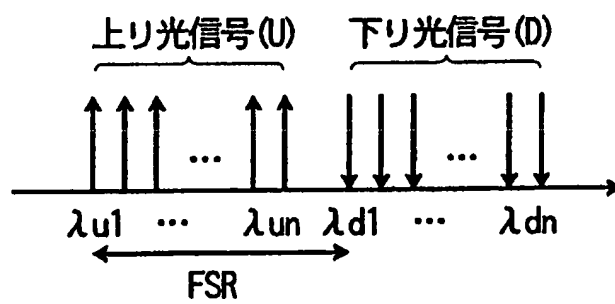


FIG.1B



FIG.1C

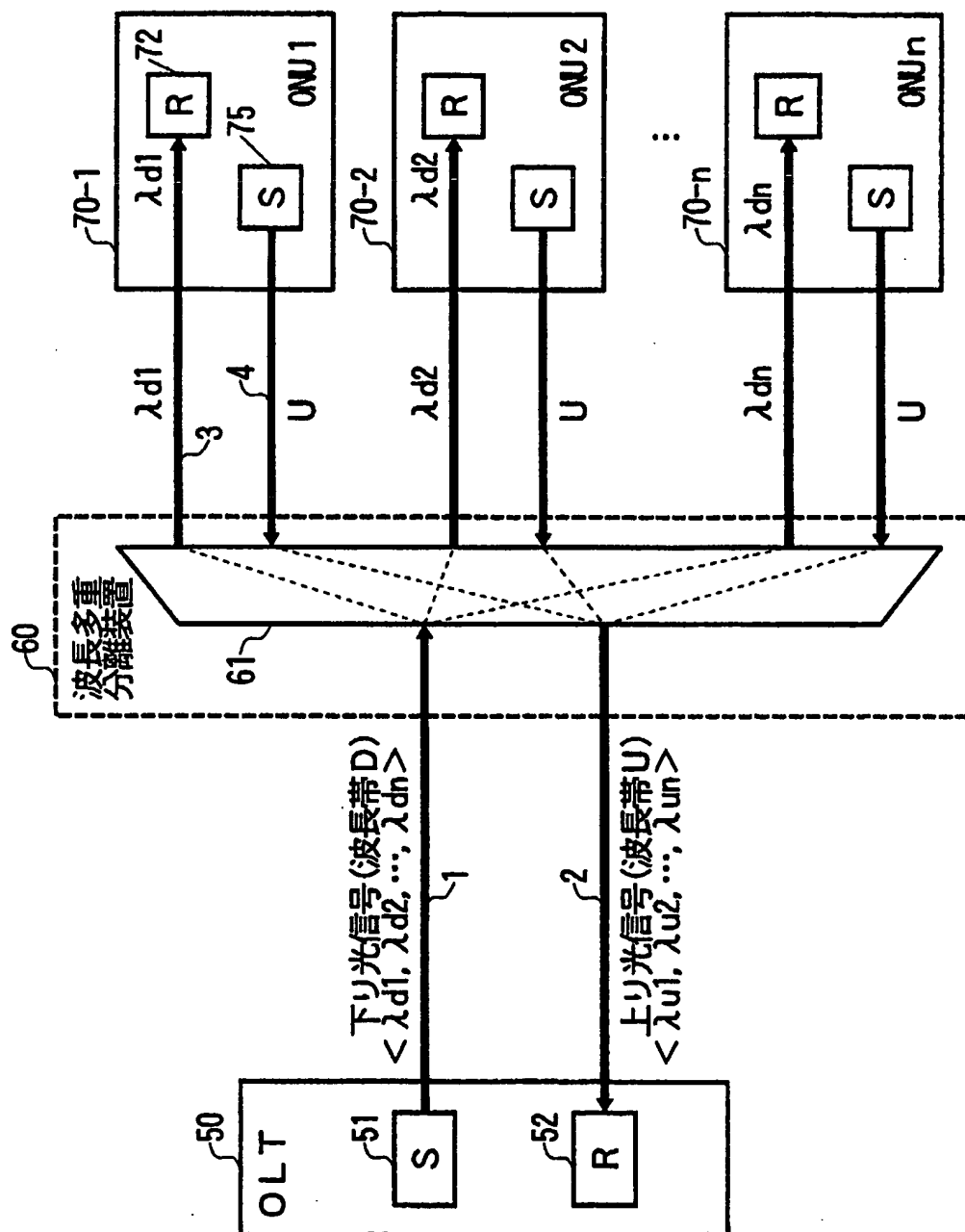


FIG.2A

4/18

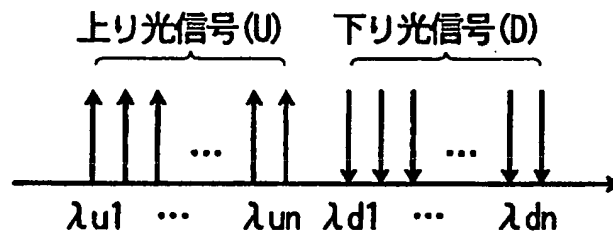


FIG.2B

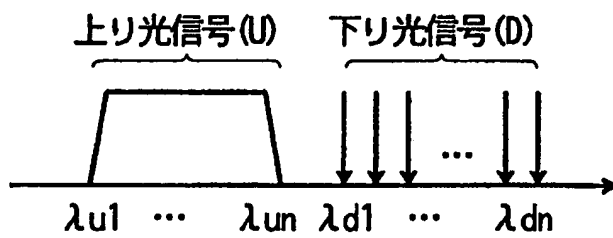


FIG.2C

5/18

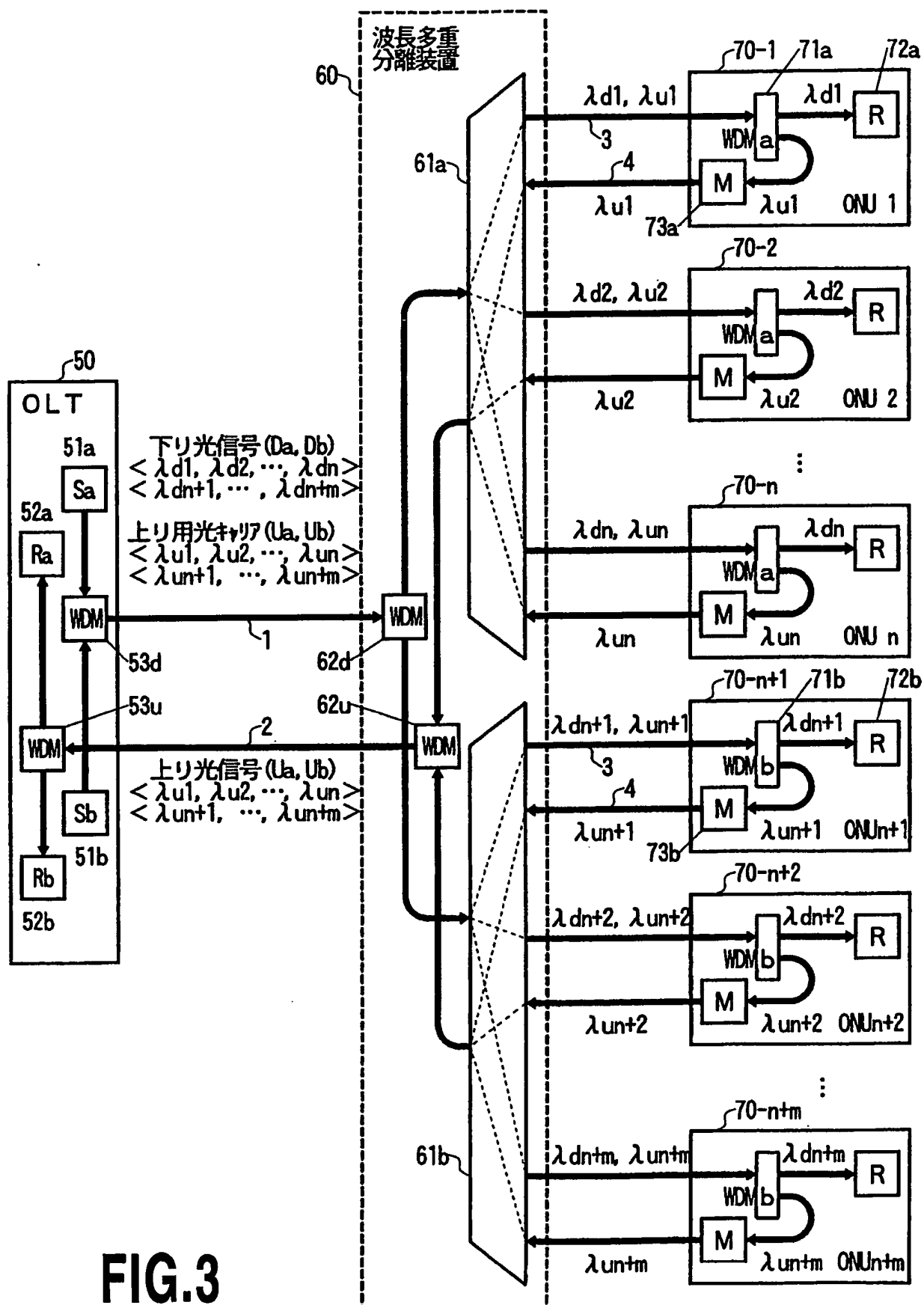


FIG.3

6/18

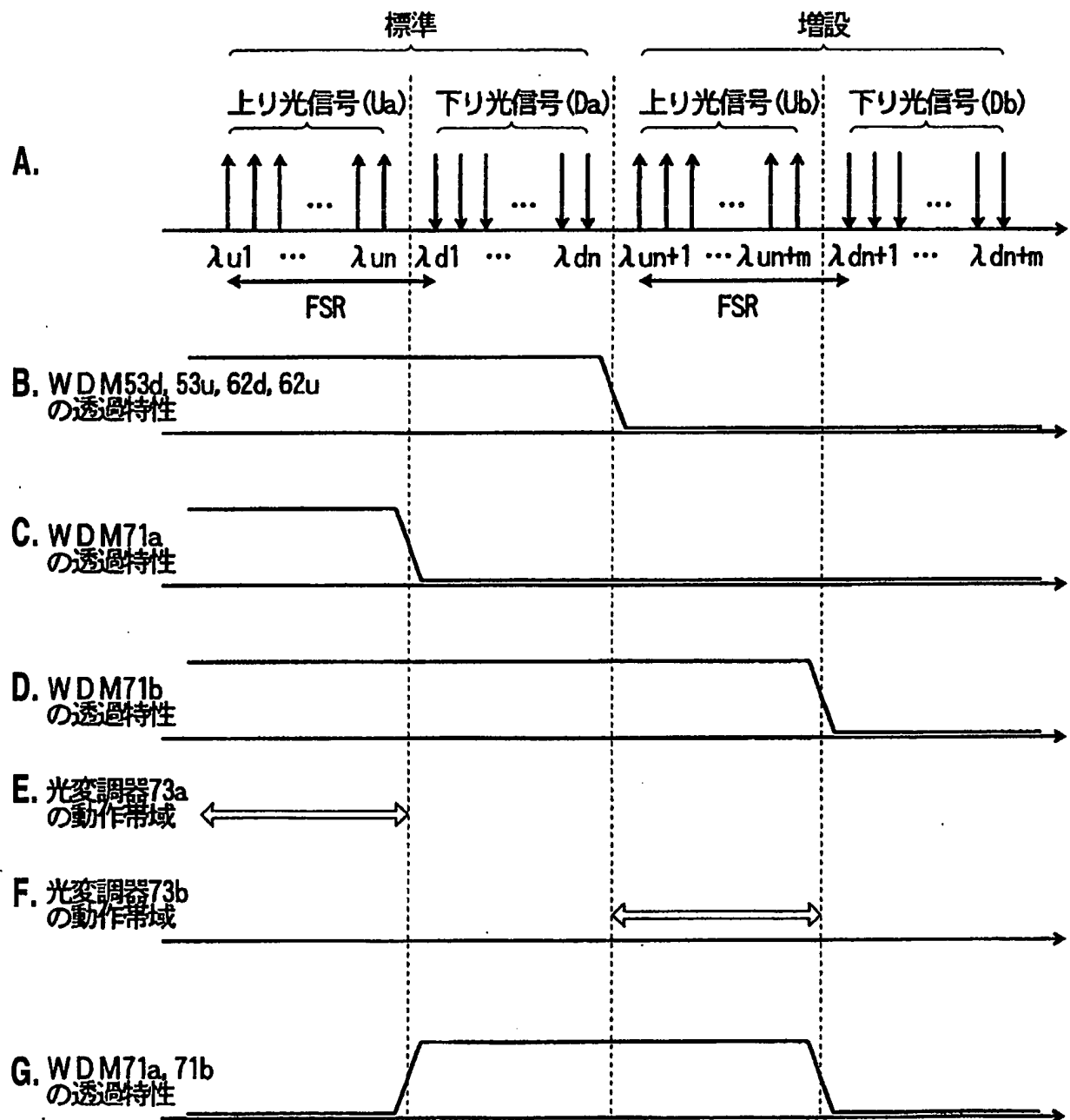


FIG.4

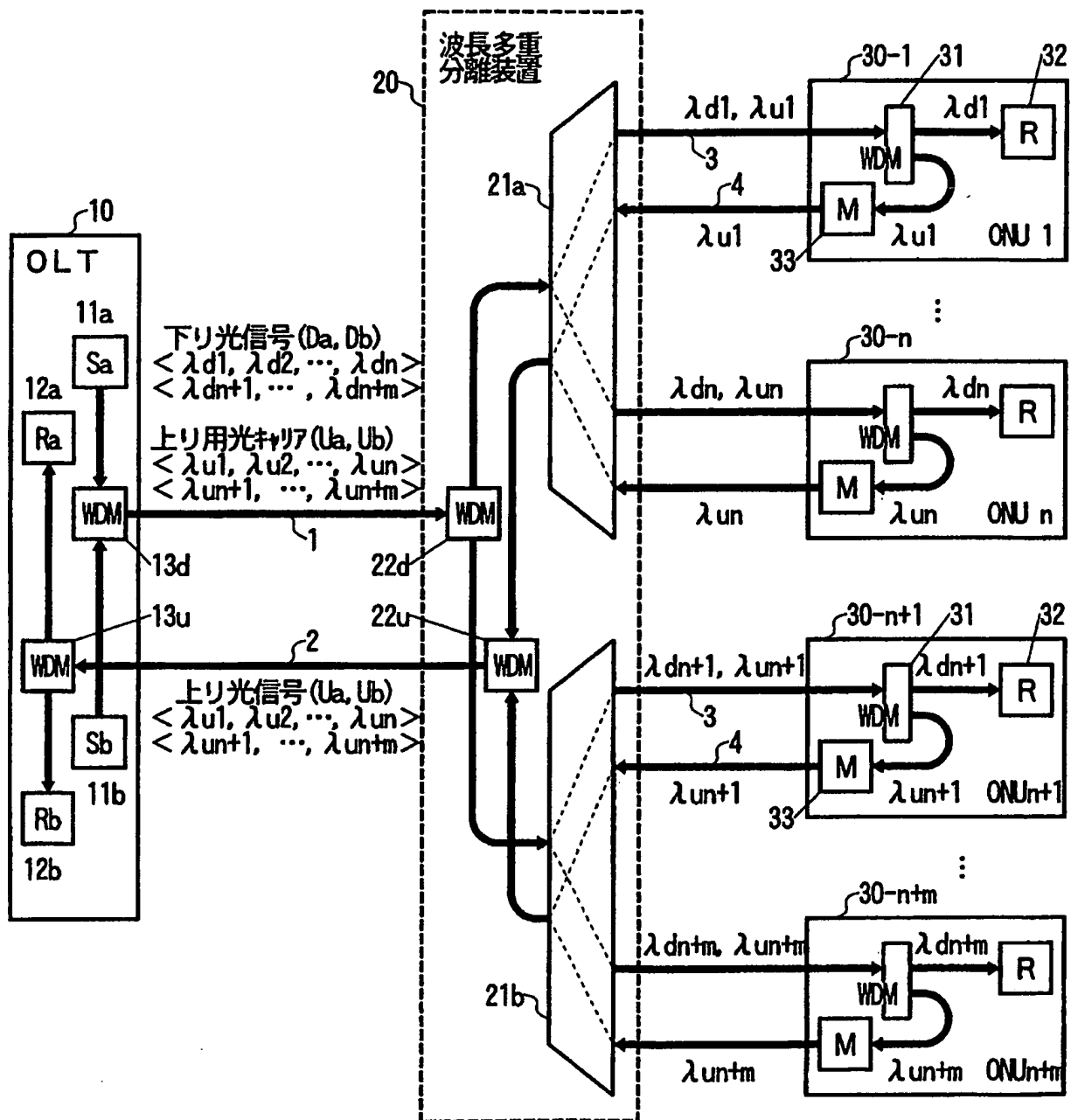


FIG.5A

8/18

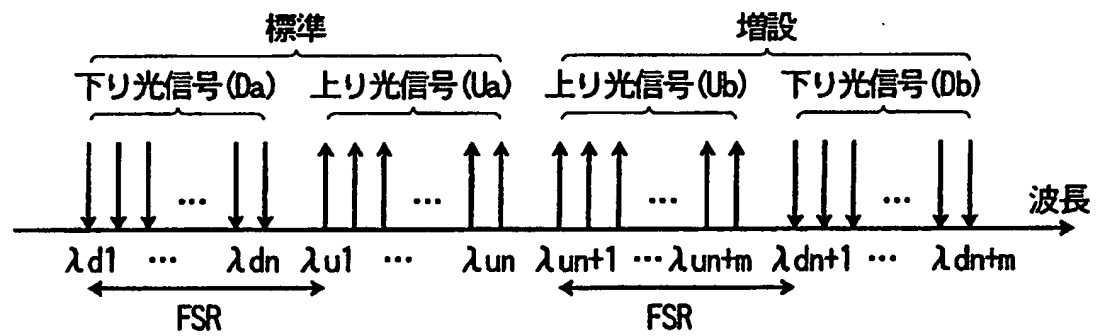


FIG.5B

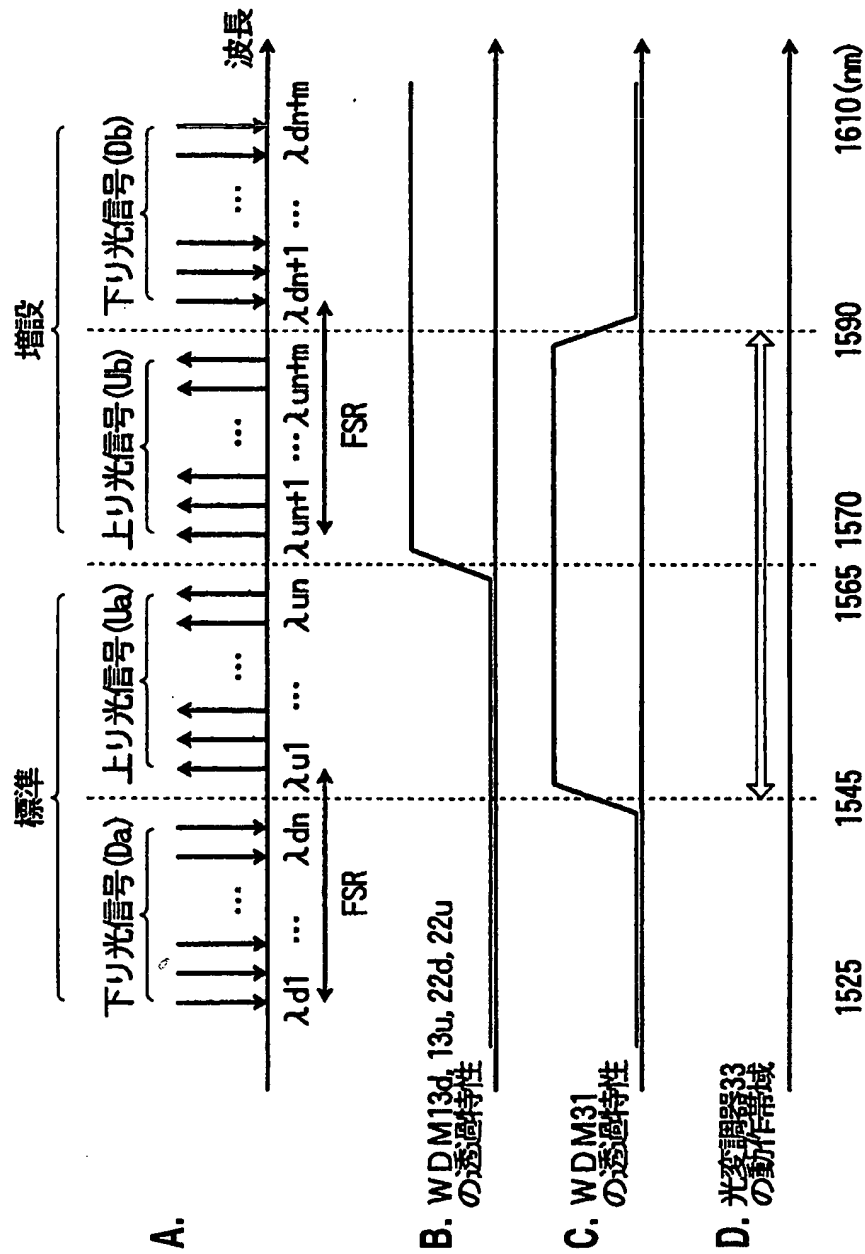


FIG.6

10/18

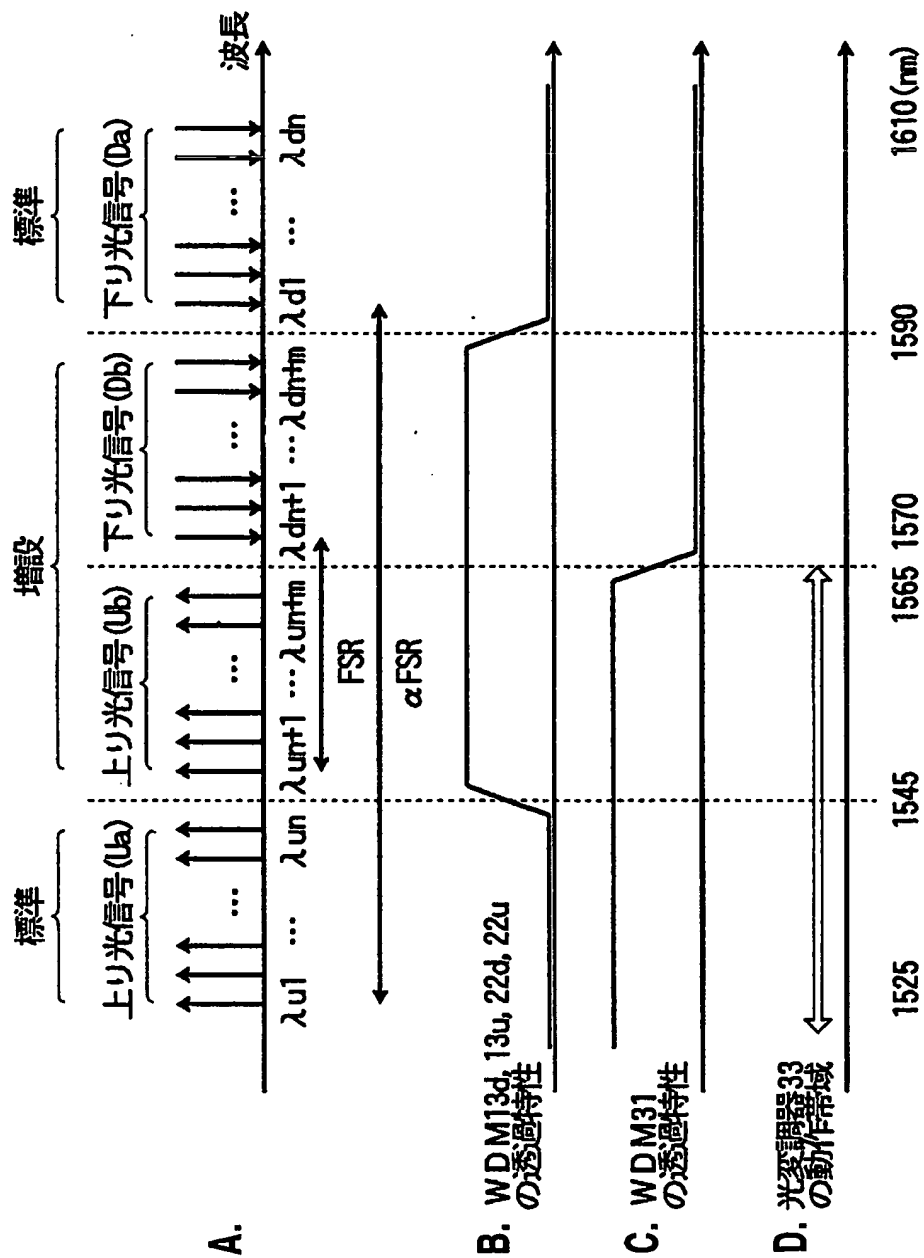


FIG.7

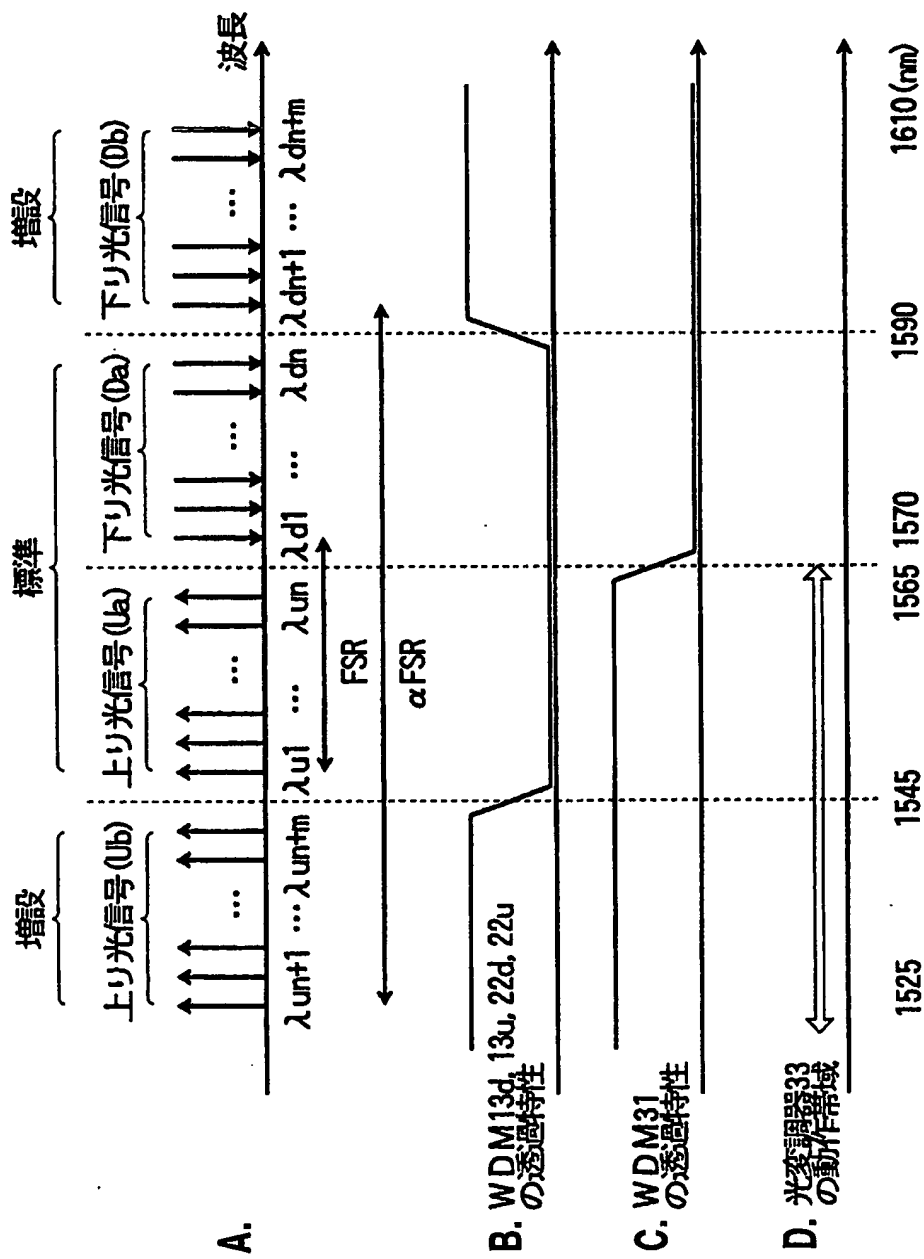


FIG.8

12/18

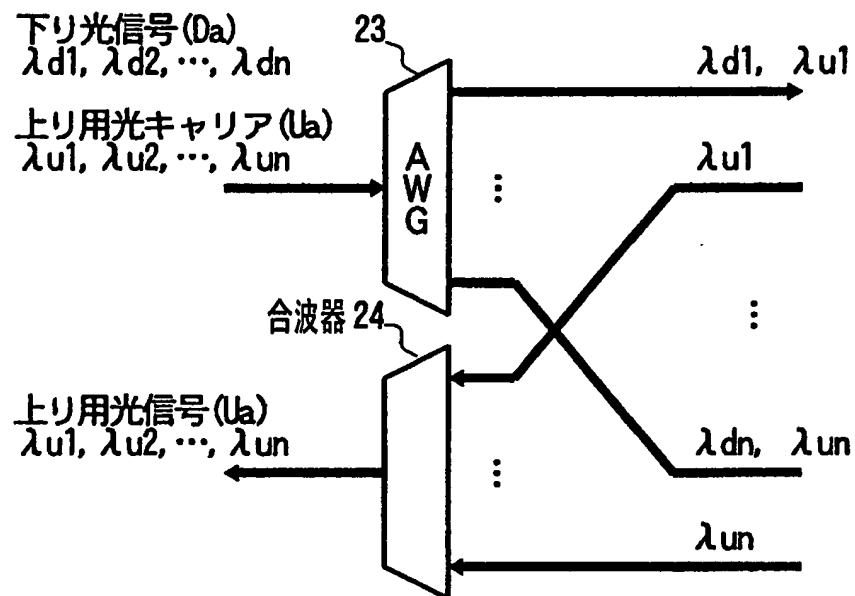


FIG.9

13/18

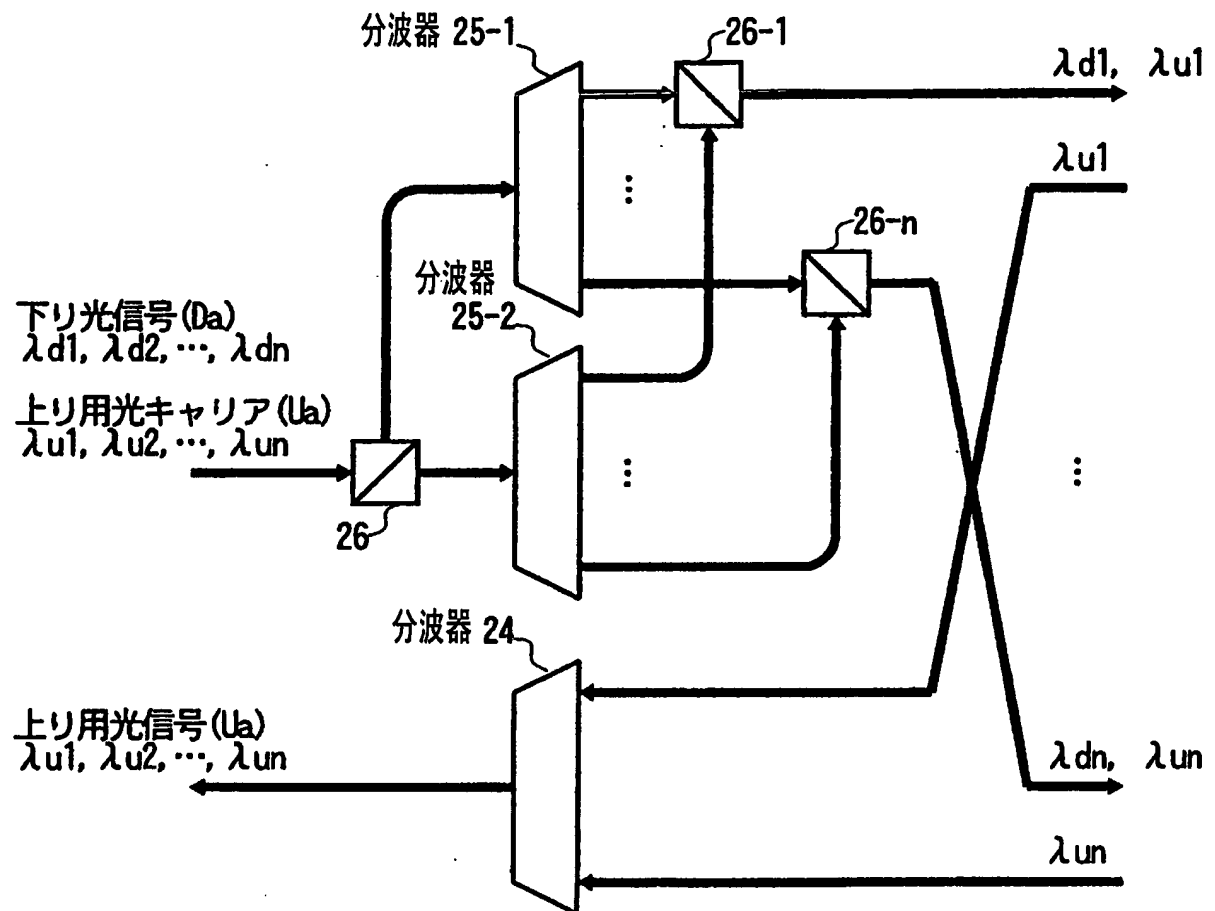


FIG.10

15/18

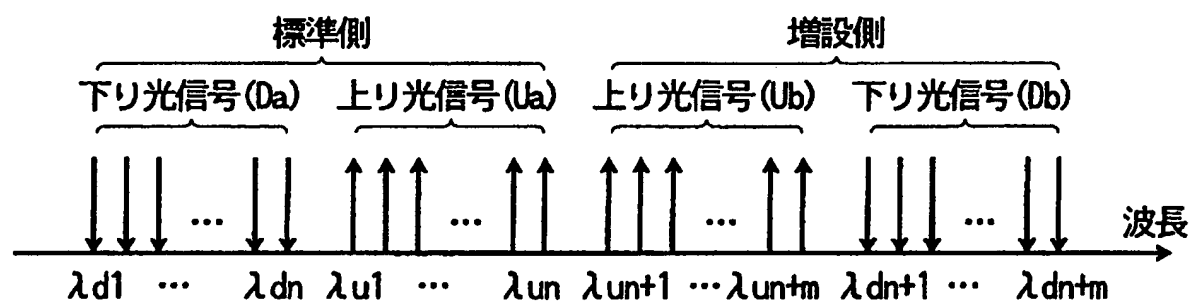


FIG.11B

16/18

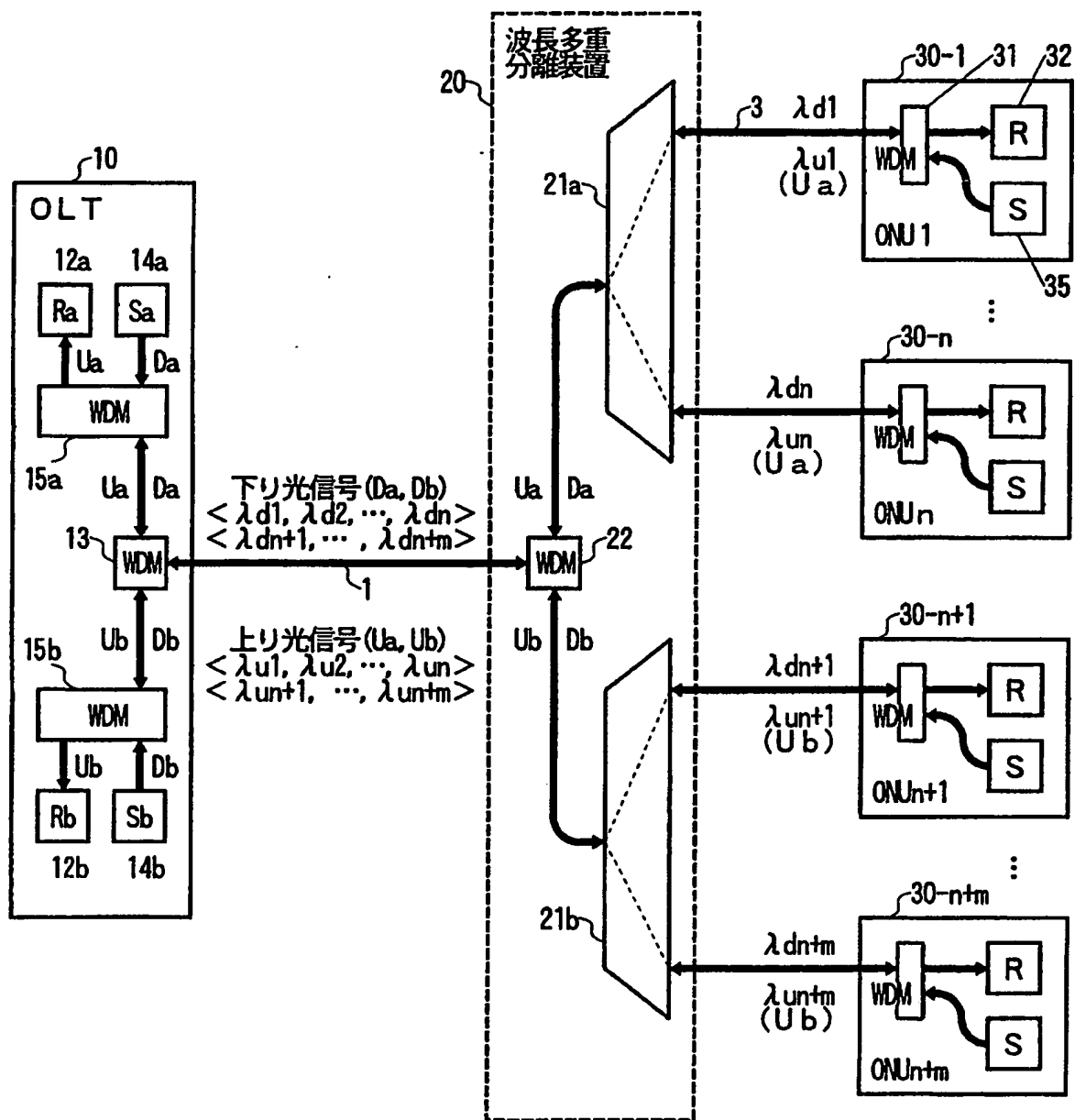


FIG.12A

17/18

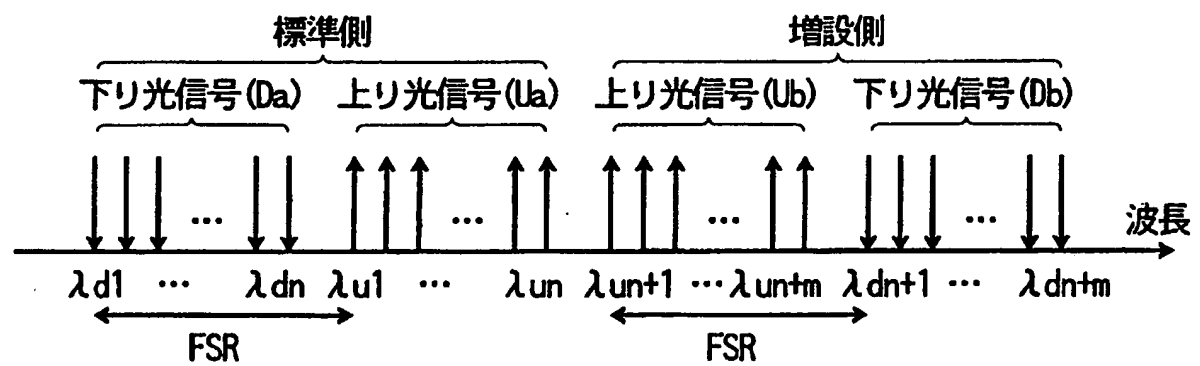


FIG.12B

18/18

FIG.13A

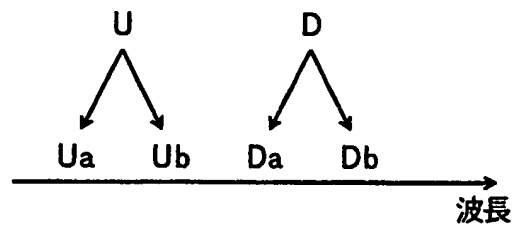


FIG.13B

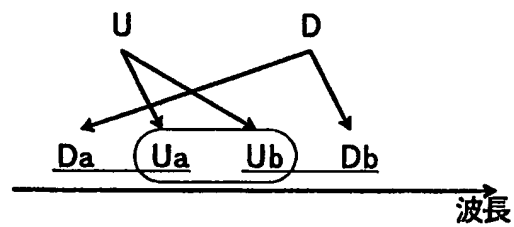


FIG.13C

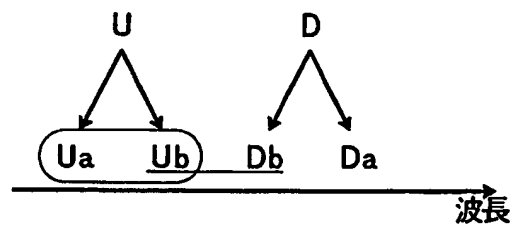
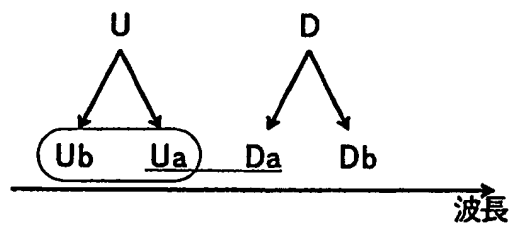


FIG.13D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04B10/24, H04B10/20, H04J14/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04B10/24, H04B10/20, H04J14/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS(JICST FILE), ITU-T Recommendation CD-ROM

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Koji AKIMOTO et al., "Spectrum Slice Gijutsu o Tekiyo Shita Giga Bit WDM-PON System, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, 23 May, 2003 (23.05.03), Vol.103, No.70, (OCS2003-16 to 26), pages 25 to 30	1-9
A	ITU-T Recommendation G. 983.1, 13 October, 1998 (13.10.98), page 19	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 July, 2004 (22.07.04)

Date of mailing of the international search report

10 August, 2004 (10.08.04)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B10/24, H04B10/20, H04J14/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04B10/24, H04B10/20, H04J14/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS (JICSTファイル)
 ITU-T Recommendation CD-ROM

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	秋本幸司他, スペクトルスライス技術を適用したギガビットWDM- PONシステム, 電子情報通信学会技術研究報告, 2003.05.23, Vol.103, No.70 (OCS2003-16~26), p.25-30.	1-9
A	ITU-T Recommendation G.983.1, 1998.10.13, p.19	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

22.07.2004

国際調査報告の発送日

10.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

前田 典之

5 J

9073

電話番号 03-3581-1101 内線 3535